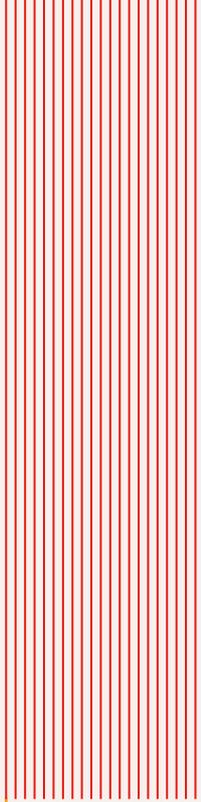
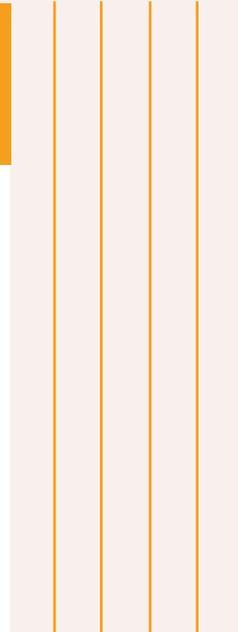


Co-conception et évaluation clinique d'un simulateur multisensoriel de conduite de fauteuil roulant électrique

Marie Babel

Laboratoire IRISA/Inria – Equipe Rainbow

IFRATH 2024



- Co-conception de **systèmes robotiques d'assistance à la mobilité** : une méthodologie éprouvée
 - + **Interdisciplinarité**
 - + Prototypes labellisés « **dispositifs médicaux** » par l'ANSM
 - + Etude de bout en bout, incluant la projection dans l'usage, le bénéfice clinique



Chaire académique IH2A



- Co-crédation **avec** les cliniciens : une approche living lab
 - + Conception centrée utilisateur d'aides techniques à destination des personnes en situation de handicap
 - + Recherche fondamentale en robotique d'assistance et recherche clinique
 - + Recueil des besoins, des exigences et attentes
 - + Etudes d'usage régulières et essais cliniques
 - + Centre MPR Pôle Saint Hélier, CHU Pontchaillou...
- Rennes : une équipe pluridisciplinaire
 - + Robotique, informatique, électronique, mécanique, réalité virtuelle, biomécanique...
 - + Laboratoires partenaires : IRISA/Inria, IETR, M2S, LGCGM



Améliorer la mobilité : thématiques de recherche

- Naviguer, déambuler en sûreté
 - + Robotique et **commande partagée**
 - + **Assistance à la navigation** : fauteuil roulant “intelligent”, déambulateur instrumenté...
 - + **Navigation sociale et interaction** : respect des conventions sociales pour une mobilité inclusive
- Simulation et Réalité Virtuelle
 - + Conception d’un **simulateur** de fauteuil roulant électrique pour une expérience immersive
- Vers une expérience de navigation “augmentée”
 - + Création et fabrication **d’interfaces physiques humain-robot-environnement**
- La mobilité du membre supérieur
 - + Conception d’un exosquelette pour l’assistance au geste

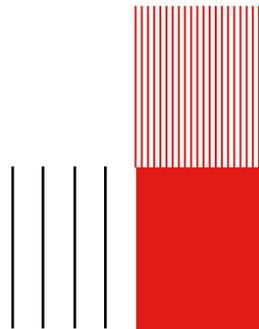


Simulateur de conduite multisensoriel en Réalité Virtuelle



- Besoin clinique : un simulateur pour **apprendre et expérimenter**
 - + Obtenir un fauteuil roulant électrique : une démarche clinique
 - Protocole de prescription : validation de séances d'apprentissage à la conduite
 - Risques physiques : collision, chute d'un trottoir...
 - Risques psycho-sociaux : appréhension de circuler en extérieur, dans une foule...
 - Abandon du protocole fréquent : pas d'indication à l'usage d'un fauteuil roulant électrique
 - + Objectif : fournir un outil d'apprentissage et/ou de rééducation efficace et sûr
 - + Population cible : primo-accédants, personnes en difficulté de conduite...

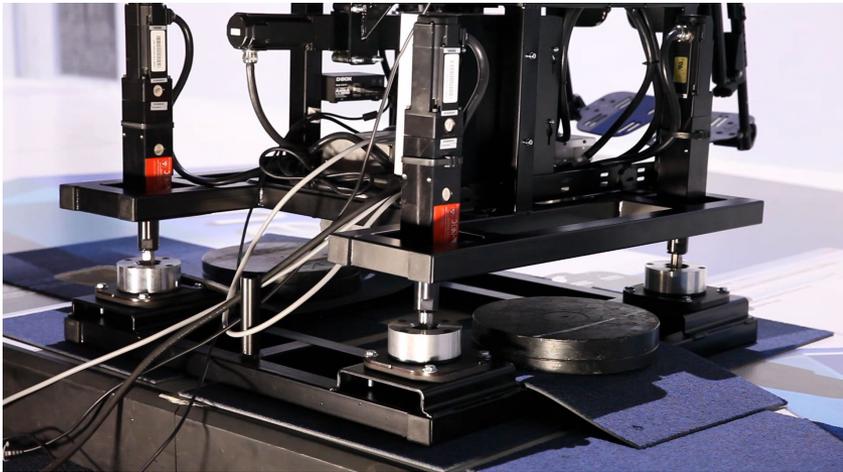
- Simulateur en réalité virtuelle: challenges scientifiques
 - + Plate-forme de mouvement : **reproduction des mouvements** du fauteuil roulant
 - + **Interaction** physique réaliste avec l'environnement virtuel
 - + Définition d'un **jumeau numérique**



Simulateur de conduite multisensoriel en Réalité Virtuelle



- Expérience immersive de la conduite
 - + 4 degrés de liberté
 - + Interaction physique réaliste avec l'environnement virtuel
 - + Retours multisensoriels : visuels, sonores, haptiques, vestibulaires...
 - + Contraintes liées à la forme du simulateur, sa transférabilité au réel
 - + Contraintes liées aux modalités d'affichage pour limiter la cinétose
 - + Utilisation de l'électronique d'un fauteuil roulant électrique du commerce



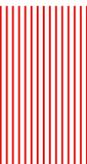
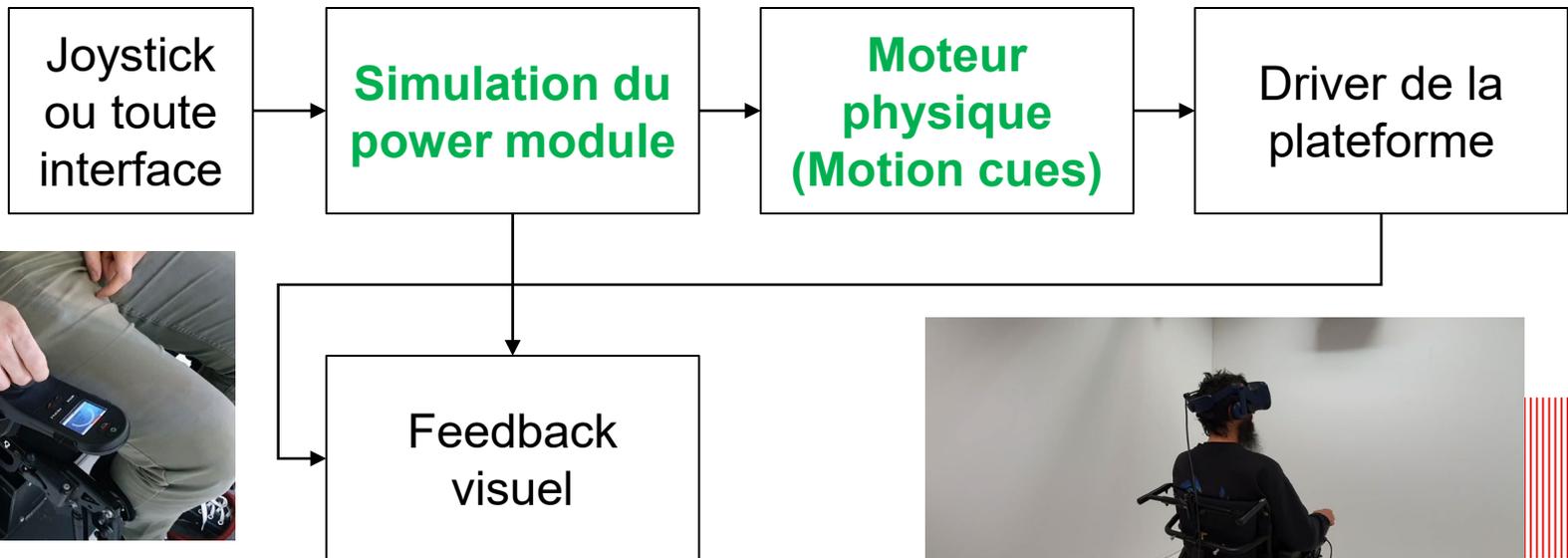
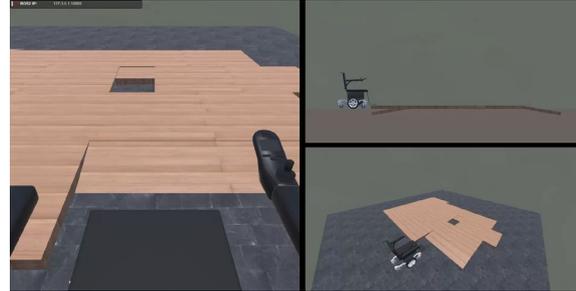
SOFMER Innovation award 2019
Physical Medicine & Rehabilitation Congress



Simulateur de conduite multisensoriel en Réalité Virtuelle



Principe fonctionnel



Vers un modèle de jumeau numérique



- Objectif : définir des sensations similaires en FRE et en simulateur
 - + Feedback haptique produit par un algorithme « Motion Cue »
 - + Difficulté : 4 degrés de liberté seulement
 - + Perception de l'utilisateur trompée par les mouvements conjoints du simulateur et de l'environnement virtuel

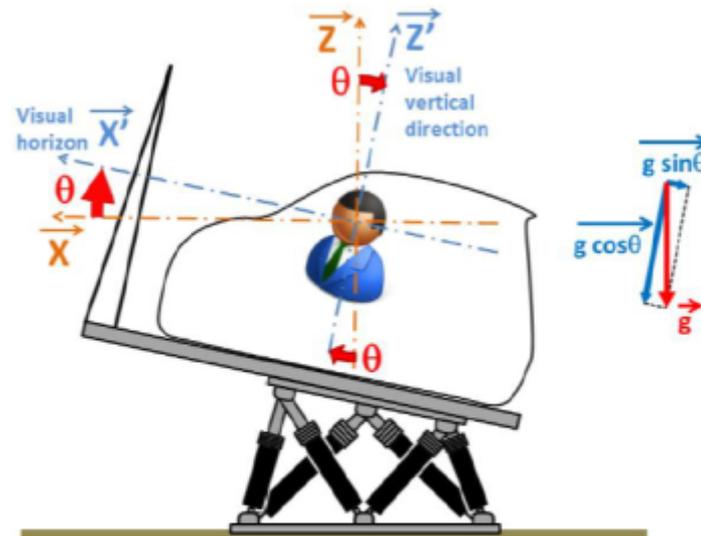
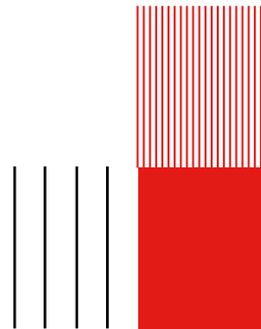


Fig. 1. Illustration of the tilt coordination technique.
By tilting the simulator cabin of an angle θ , the component $g \cdot \sin\theta$ of the gravity may be interpreted by the driver as an horizontal acceleration.



Vers un modèle de jumeau numérique



- Caractériser et modéliser la dynamique d'un FRE
 - + Définition des lois physiques nécessaires au modèle numérique du FRE
 - + Enjeu : réduire la cinétose

■ Setup expérimental



(a) Identification setup.



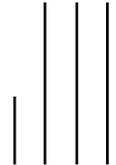
(b) Virtual scene.



(c) Participant in wheelchair.



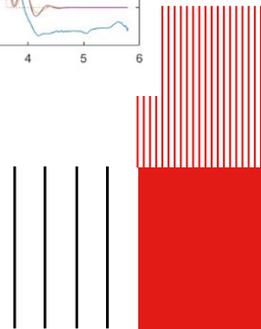
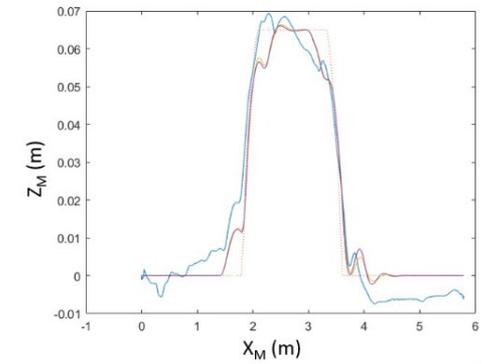
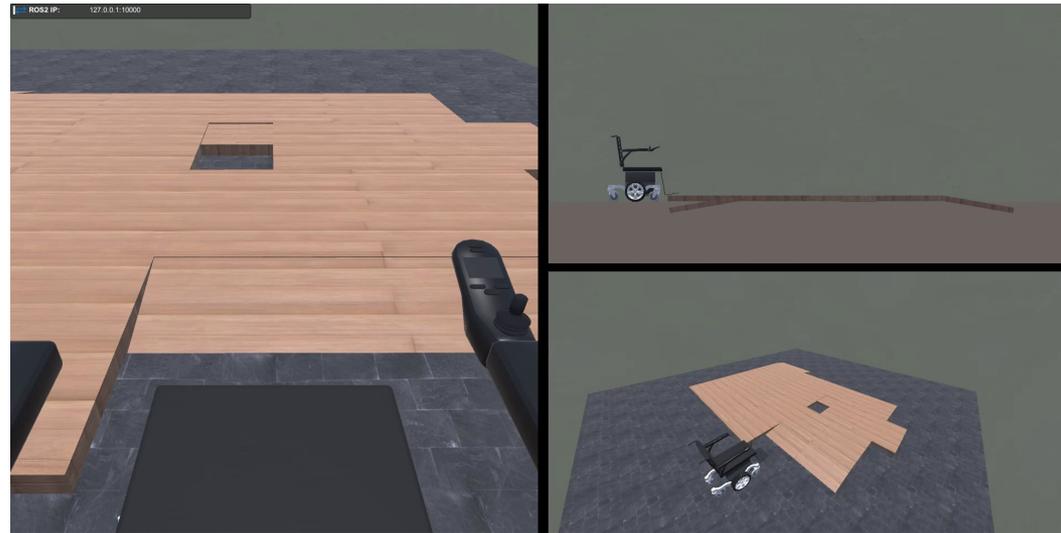
(d) Participant in simulator.



Vers un modèle de jumeau numérique



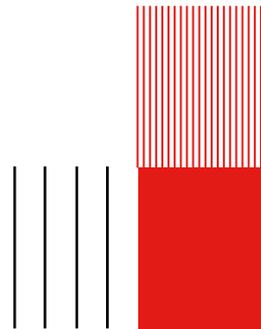
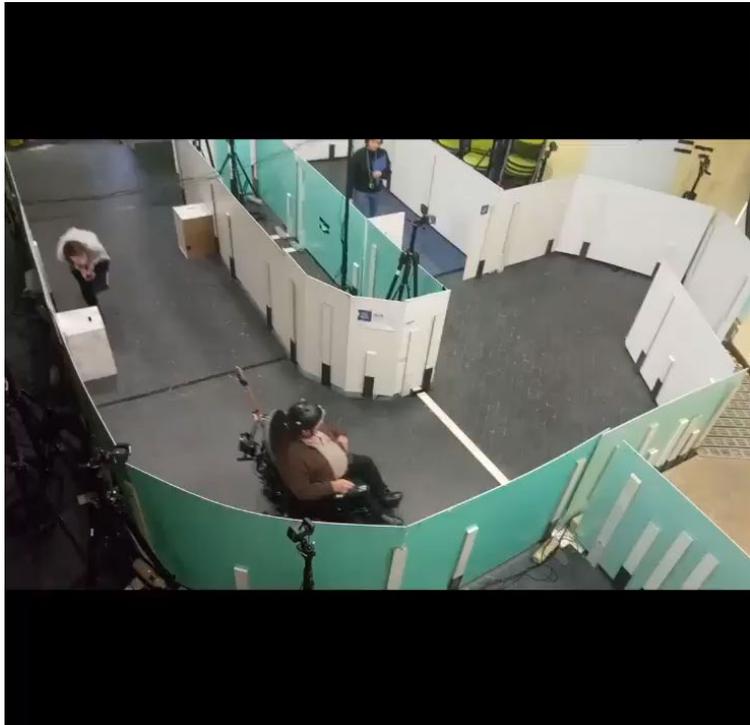
- **Adaptation du modèle**
 - + Des sensations similaires à celles ressenties sur FRE



Essais cliniques



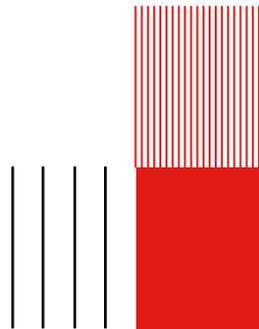
- Des expérimentations pour valider les **sensations**
 - + 32 patients usagers réguliers de fauteuils
 - Evaluation de la qualité et de l'impression de conduite
 - Sens de présence élevé, cinétose limitée



Essais cliniques



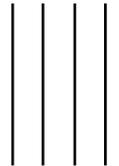
- Des expérimentations pour valider l'immersivité
 - + 24 patients présentant des difficultés de conduite et/ou non autorisés à conduire
 - + Modalités immersives (casque, CAVE) : des performances



Interaction sociale pour la navigation en réel ou en environnement virtuel



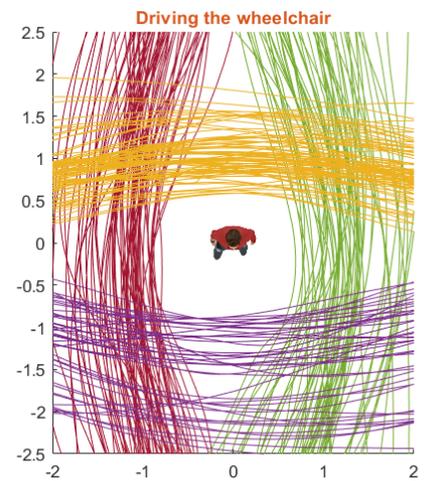
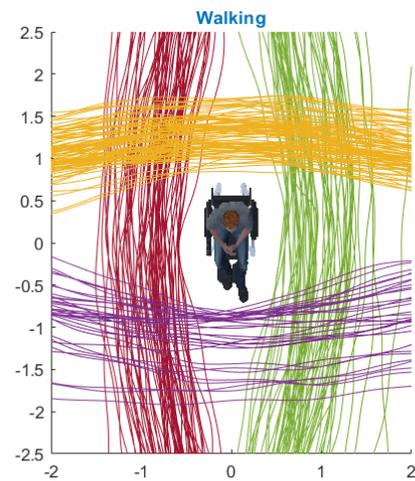
- Élargir la connaissance des **interactions sociales**
 - + Objectifs : inclusion and participation sociale
 - + Définition d'une assistance adaptée aux situations d'interactions sociales
 - + Définition de comportements réalistes d'humains virtuels en cas d'interaction avec un usage de fauteuil roulant électrique



Interaction sociale pour la navigation en réel ou en environnement virtuel



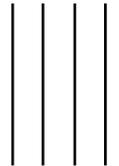
- Etude de proxémie
 - + Expérimentations en réel et virtuel



Interaction sociale pour la navigation en réel ou en environnement virtuel



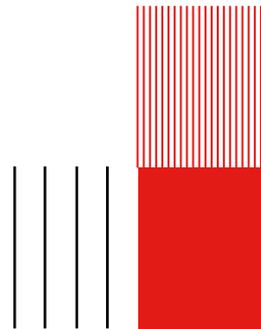
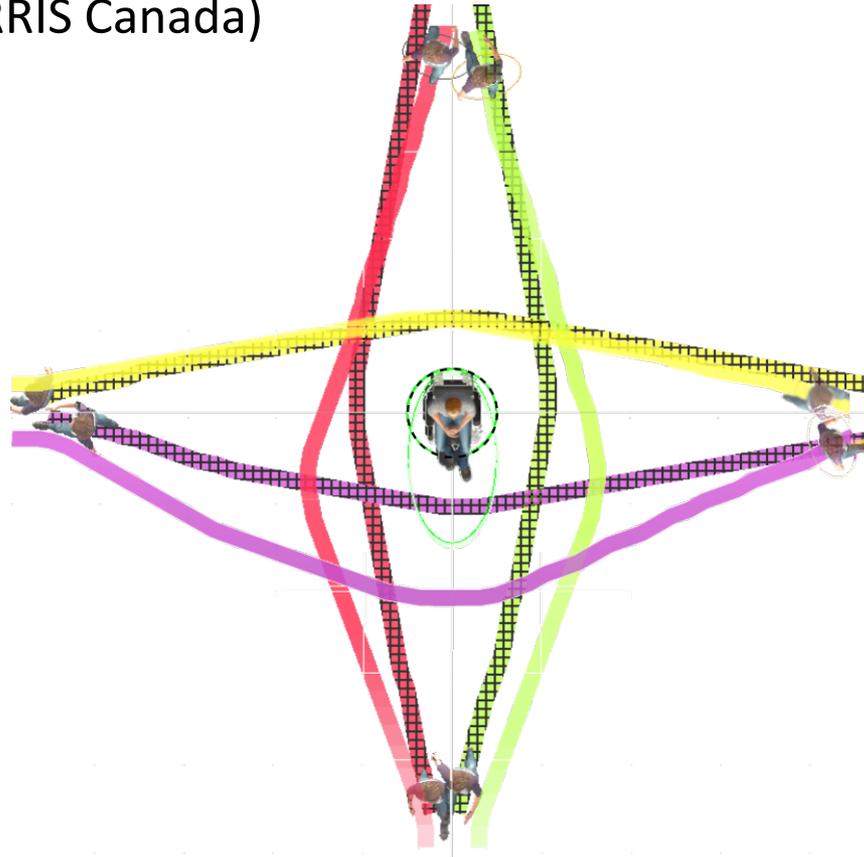
- Etudes observationnelles des interactions
 - + Expérimentations dans les musées de Rennes Métropole



Interaction sociale pour la navigation en réel ou en environnement virtuel



- Modèles de proxémie adaptés
 - + Asymétrie des interactions
 - + Définition de loi de commande des agents virtuels adaptée pour un réalisme des interactions dans le monde virtuel
 - + A venir : des essais cliniques multicentriques (Pôle Saint Hélier Rennes, CIRRIIS Canada)



Conclusion



- Définition d'un simulateur réaliste de conduite en FRE
 - + Prise en compte des besoins cliniques et utilisateurs
 - + Co-construction et expérimentations régulières
- Définition d'un jumeau numérique
 - + Pas seulement l'environnement virtuel et l'avatar
 - + ... les lois physiques du modèle !
- Apport de la réalité virtuelle
 - + Sur la capacité d'apprentissage en situations simples ou complexes
 - + En environnement peuplé
 - Situations difficilement réalisables en vraie vie pour des personnes en difficultés de conduite
 - Manque de réalisme des agents virtuels : travail sur la proxémie et les modèles

